

УДК 378.011.33:004

Глушак Оксана Михайлівна
ORCID Id 0000-0001-9849-1140

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри
комп'ютерних наук і математики
Київський університет імені Бориса Грінченка
вул. Тимошенка, 13-Б, 4212, м. Київ, Україна

Семеняка Світлана Олексіївна
ORCID Id 0000-0001-5083-1433

кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри
комп'ютерних наук і математики
Київський університет імені Бориса Грінченка
вул. Тимошенка, 13-Б, 4212, м. Київ, Україна
s.semeniaka@kubg.edu.ua

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ: МЕТОДИКА СИНТЕЗУ ІКТ І МЕТОДІВ МОДЕЛЮВАННЯ

У статті подано теоретичне та практичне вирішення проблеми особливостей впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у освітній процес навчання економіко-математичному моделюванню студентів економічних та математичних спеціальностей. Визначено, що математичне моделювання при максимальному використанні його потенціалу дає можливість виявити та вирішити професійні проблеми різного характеру: чітко визначати мету дослідження, швидко знаходити можливі варіанти її досягнення, розробляти відповідні моделі економічних об'єктів чи явищ і на основі даних моделей створювати ефективні алгоритми і програми оптимальних шляхів розв'язання актуальних завдань. Установлено, що електронний навчальні курси дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» є комплексом навчально-методичних матеріалів, створених для організації індивідуального та групового навчання з використанням інформаційно-комунікаційних технологій, які спрямовані на навчання економіко-математичному моделюванню студентів економічних та математичних спеціальностей. Спираючись на окреслені можливості застосування електронного навчального курсу, а також його дидактичні функції, розроблено та описано структуру електронного навчального курсу навчальних дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» на базі платформи Moodle. Розглянуто особливості застосування MS Excel на прикладі задачі залежності рівня зайнятості населення України від впливу обраних факторів. Охарактеризовано різні етапи побудови та дослідження економетричної моделі: ідентифікації змінних, специфікації моделі, параметризації та перевірки на

статистичну значущість отриманих результатів. Окреслено перспективу подальших наукових розвідок через доведення ефективності використання електронних навчальних курсів задля поліпшення додаткових фахових компетентностей майбутніх фахівців економічних та математичних спеціальностей.

Ключові слова: *інформатизація; інформаційно-комунікаційні технології; економіко-математичне моделювання; електронний навчальний курс; ЗВО; студенти економічних та математичних спеціальностей*

© Глушак О., Семеняка С., 2019.

<https://doi.org/10.28925/2312-5829.2019.3-4.156174>

Вступ. У контексті сучасного розвитку економіки України особлива увага приділяється вирішенню складних теоретико-прикладних задач, які кількісно та якісно описують взаємозв'язки між різними економічними об'єктами. Це зумовлює необхідність розробки та вивчення нових напрямків економічної теорії та пов'язаних з нею наукових дисциплін. Насамперед, виникає потреба у розвитку та впровадженні навчальних технологій та інноваційних методів навчання, використання яких дало б можливість сформувати у студентів нове економічне мислення та розуміння сутності економічних процесів чи явищ, отримати відповідні вміння та навички щодо регулювання та керування даними процесами на будь-якому рівні складності, прогнозувати їх розвиток. У зв'язку з цим важливого значення набуває формування та розвиток компетентностей пов'язаних з умінням оптимально поєднувати можливості логічного аналізу зі знаннями законів математики, економіки, основ математичного моделювання.

Постановка проблеми. Математичне моделювання при максимальному використанні його потенціалу дає можливість виявити та вирішити професійні проблеми різного характеру: чітко визначати мету дослідження, швидко знаходити можливі варіанти її досягнення, розробляти відповідні моделі економічних об'єктів чи явищ і на основі даних моделей створювати ефективні алгоритми і програми оптимальних шляхів розв'язання актуальних задач.

Студент, який володіє навичками математичного моделювання стає універсальним спеціалістом – математиком, алгоритмістом, розробником та

виконавцем власних проектів, який завдяки багатовекторності своїх знань та вмінь успішно долає перешкоди в своїй професійній діяльності.

Вочевидь, математика в системі вищої економічної освіти переросла статус загальноосвітньої дисципліни і повинна на основі міжпредметних зав'язків зі спеціальними дисциплінами стати невід'ємною складовою професійної підготовки.

У зв'язку з цим набуває актуальності розв'язання протиріч між потребами сучасної економіки у висококваліфікованих спеціалістах, які ефективно використовують математичний інструментарій у своїй професійній діяльності, і недостатністю науково-методичного забезпечення практико-орієнтованої математичної підготовки студентів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження питання економіко-математичного моделювання стало предметом пошуків як вітчизняних так і закордонних науковців. Так, наприклад, у роботі О. Іващука (Іващук О. Т., 2018) викладено методологічні основи економіко-математичного моделювання, розкрито інструментарій кількісної оцінки економічних процесів, наведено алгоритми прийняття вигідних управлінських рішень в умовах ризику та невизначеності і їхнє застосування у виробництві, економіці, фінансово-кредитній системі та бізнесі. С. Наконечний (Наконечний С. І., 2000) зосередив свою увагу на розкритті основних методів оцінювання параметрів економетричних моделей з урахуванням особливостей економічної інформації.

У докторській дисертації Л. Ільч (Ільч Л. М., 2018) використовувала економетричну модель множинної регресії для аналізу структурних зрушень у сфері зайнятості як на регіональному рівні так і по Україні в цілому. Останні досягнення в економетричному моделюванні та методах прогнозування попиту на туризм представлено у наукових пошуках Н. Hilaly та Н. El-Shishiny (Н. Hilaly, 2019). У відповідному дослідженні представлено аналіз економетричних моделей, що використовуються при моделюванні та прогнозуванні туристичного попиту, продемонстровано переваги та недоліки кожної моделі.

Досить цікавим, на нашу думку, є застосування економетричного моделювання для аналізу корупції, яке було здійснено когортою Бухарестських дослідників

T. Andrei, S. Stancu, M. Nedelcu, A. Matei (T. Andrei, 2019). Науковці розглянули різні моделі регресійних і одночасних рівнянь, які характеризують залежність рівня корупції від ряду факторів, таких як: тиск політичної системи, прозорість адміністрації, якість відносин державних службовців з роботою.

До питання формування фахових компетентностей звернувся у своїх роботах О. Лисак (Лисак О. Б., 2019). Зокрема, на основі узагальнення літературних джерел з проблеми дослідження ним визначено структуру ПК (професійних компетентностей) майбутніх економістів та її складові компоненти.

Впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у освітній процес досліджують В. Биков, О. Спирін (Биков В. Ю., 2007), С. Литвинова (Литвинова С.Г., 2014), О. Мерзликін (Мерзликін О. В., 2015), Н. Морзе (Н. Морзе, 2017) та інші. Які, відповідно, у своїх роботах визначають актуальні завдання розроблення комп'ютерно-орієнтованих методичних систем навчання, створення та використання електронних освітніх ресурсів, створення середовища неперервного розвитку ІКТ-компетентності суб'єктів освітнього процесу, проведення педагогічних досліджень з інформатизації освіти. Висвітлюють дослідження ІКТ-компетентностей студентів та їх здатностей використовувати інформаційні та комунікаційні технології для здійснення інформаційної діяльності у своїй професійній галузі. А також, розглядають особливості формування якісного сучасного хмароорієнтованого персоналізованого освітнього середовища враховуючи ІКТ-компетентність учасників навчального процесу.

Крім того, закордонний досвід впровадження ІКТ в освітній процес засвідчує підвищення якості освіти. Так, за результатами найбільшого системного аналізу 225 досліджень, які було проведено серед студентів ЗВО, визначено, що успішність майбутніх фахівців у навчання зросла на 0,47 при активному навчання, зокрема середній бал успішності студентів покращився на 6% саме завдяки активному навчанню (Freeman, S. L., 2014). Можемо відмітити, що впровадження ІКТ у освітній процес під час навчання економетричному моделювання робить акцент саме на активному навчанні.

Цікавим для нашого дослідження є досвід використання електронних навчальних курсів. Так С. Brooke, Р. McKinney та А. Donoghue зазначають (С. Brooke, 2013, с. 614), що студенти, які користуються електронними навчальними курсами на платформі дистанційного навчання раціональніше використовують власний час, виділений на навчання.

Як бачимо, реалізовані дослідження спрямовані або на побудову та аналіз визначених економічних проблем або на впровадження ІКТ у освітній процес та підвищення рівня якості освіти за рахунок використання електронних навчальних курсів. Однак, дослідження методичних питань навчання економетричному моделювання в поєднанні з методами математичного моделювання та ІКТ не знайшло відображення серед наукових пошуків. Тому питання реалізації задач освітнього процесу навчання майбутніх фахівців економіко-математичному моделюванню із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій залишається відкритим і потребує подальшого ретельного вирішення.

Метою статті є висвітлення особливостей впровадження інформаційно-комунікаційних технологій у освітній процес навчання економіко-математичному моделюванню студентів економічних та математичних спеціальностей.

Вважаємо, що для реалізації задачі якісної підготовки студентів, що вивчають економіко-математичне моделювання в межах дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання», необхідно впроваджувати ІКТ у двох напрямках: для організації освітнього простору та у процесі розв'язування прикладних задач, які знаходяться на стику галузей економіки та математики.

Передумовою організації освітнього простору є наявність необхідної матеріально-технічної бази (комп'ютери, програмне забезпечення, канали зв'язку) та інформаційного освітнього середовища, ефективність та основу якого становлять засоби ІКТ. Інформаційно-освітнє середовище у психолого-педагогічній літературі зустрічається в різних варіантах, а саме: «комп'ютерне середовище», «інноваційно-розвиваюче середовище», «єдине освітнє інформаційне середовище», «інформаційно-навчальне середовище», «комп'ютерно-навчально-розвивальне середовище» (Сисоєва С. О., 2011, с. 220).

За педагогічним словником С. Гончаренка, інформаційно-навчальне середовище – це сукупність умов, які сприяють виникненню і розвитку процесів інформаційної взаємодії між студентами, викладачем та засобами інформаційних технологій, а також формують пізнавальну активність студента за умов наповнення компонентів середовища з предметним змістом певного навчального курсу (Професійна освіта, 2000, с. 220).

Наукові розвідки свідчать, що умовою здійснення ефективної навчальної діяльності в інформаційному освітньому середовищі є наявність відповідного комп'ютерно-орієнтованого навчального забезпечення (Сисоєва С.О., 2011, с. 220).

Вважаємо, що інформаційно-освітнє середовище може бути організоване за рахунок діяльності викладача із застосуванням електронного навчального курсу предметів, які спрямовані на навчання економіко-математичному моделюванню, на базі платформи дистанційного навчання. У Київському університеті імені Бориса Грінченка впроваджено в освітній процес платформу дистанційного навчання Moodle. Тому електронні курси дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» представлено на базі означеної платформи.

Електронні навчальні курси дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» мають уніфіковану структуру (Рис.1): загальні відомості про дисципліну (робоча програма навчальної дисципліни, тематичний план, критерії оцінювання, друковані джерела та Інтернет-ресурси, глосарій); змістові модулі, які включають відомості про основні теми модуля, теоретичний матеріал у вигляді структурованого лекційного матеріалу, поданого засобом «урок», мультимедійних презентацій лекцій, аудіо-, відео-навчальних матеріалів та тестів (навчального та контрольного); лабораторні роботи, в яких відображається зміст роботи, список індивідуальних завдань та методичні рекомендації з виконання роботи; завдання для самостійної роботи з методичними вказівками до виконання завдань, списку індивідуальних завдань та критеріїв для їх оцінки; завдання для модульної контрольної роботи, що передбачає виконання індивідуальних завдань та критерії оцінювання виконаної роботи (Bodnenko D. M., 2018).



Змістовий модуль 2.

Побудова та дослідження економетричних моделей

Путівник по модулю:

- Карта знань до змістового модуля 2
- Форум для обговорення питань з модуля №2
- Методичні рекомендації до модуля 2

Теоретичний матеріал

- Презентація до лекції 5
- Презентація до лекції 6
- Лекція 7-8

Довідковий матеріал

- Таблиця значень критерію Фішера та Стьюдента

Лабораторні роботи

- Лабораторна робота №1-3
- Таблиця до задачі 1
- Таблиця до задачі 2
- Підготовка до лабораторної роботи:**
 - Методичні рекомендації до лабораторної роботи №1-3
 - Питання для підготовки до лабораторної роботи №1-3х
 - Покроковий алгоритм побудови та дослідження парної лінійної регресії

Рис.1. Структура ЕНК дисципліни «Економетрика»

Кожен з означених блоків ЕНК сприяє реалізації окремих завдань. Так, теоретичний матеріал побудовано таким чином, щоб студент, який пропустив заняття з легкістю зміг опанувати навчальний матеріал, а студент, який був в аудиторії на занятті зміг систематизувати, отриманий на занятті, матеріал, перевірити себе на розуміння та сприйняття теми за допомогою тестів, що вбудовано в лекції. За наявності запитань студенти мають можливість їх задати на форумі обговорення запитань з теми кожного змістового модуля.

Лабораторні роботи у ЕНК представлені у вигляді веб-сторінок із загальною структурою: тема, мета, завдання, форма подання результатів, терміни виконання та критерії оцінювання (Рис.2). Навчально-методичні матеріали, з якими рекомендовано ознайомитися представлено під лабораторною роботою: це і методичні рекомендації до виконання завдань, Питання для підготовки до лабораторних робіт, покрокові алгоритми виконання завдань, приклади побудови та

дослідження моделей. Окрім того, блок лабораторні роботи містить навчальні відео для виконання завдань з протоколу лабораторної роботи.

Електронне навчання КУБГ Українська (uk) ▼

персональний кабінет ▶ факультет інформаційних технологій та управління ▶ кафедра інформаційних технологій і математичних дисциплін ▶ МДМЕ_3382_6_Д_МЕН_2 ▶ ЛА

НАВІГАЦІЯ

Персональний кабінет

- Головна сторінка
- Сторінки сайту
- Поточний курс
 - МДМЕ_3382_6_Д_МЕН_2
 - Учасники
 - Відзнаки
 - Загальне
 - Карта знань до змістового модуля 2
 - Форум для обговорення питань з модуля №2
 - Методичні рекомендації до модуля 2
 - Презентація до лекції 5
 - Презентація до лекції 6
 - Лекція 7-8
 - Таблиця значень критерію Фішера та Стюдента
 - Лабораторна робота №1-3**
 - Таблиця до задачі 1
 - Таблиця до задачі 2
 - Методичні рекомендації до лабораторної роботи №1-3
 - Питання для підготовки до лабораторної роботи №1-3х
 - Покроковий алгоритм побудови та дослідження парної...
 - Приклад побудови парної лінійної регресійної моделі
 - Метод найменших квадратів (відео)
 - Лінія тренду в MS Excel (відео)
 - Парна регресія. Лінійна залежність (відео)
 - Перевірка адекватності за допомогою Критерію Фішера (відео)
 - Побудова довірчих інтервалів (відео)

Лабораторна робота №1-3

Тема: Побудова та аналіз найпростішої економетричної моделі. Парна лінійна регресія.

Мета: Формувати вміння та навички побудови та аналізу найпростішої економетричної моделі

Завдання для виконання:

- Виконати завдання з протоколу лабораторної роботи
- Захистити лабораторну роботу.

Форма подання - захист лабораторної роботи у викладача.

Термін виконання - заняття лабораторної роботи №3.

Критерії оцінювання:

30 балів - виконано завдання №1-№2 з протоколу лабораторної роботи;

20 балів - виконано завдання №1, та частково завдання №2 з протоколу лабораторної роботи;

10 балів - виконано завдання №2 з протоколу лабораторної роботи;

5 балів - виконано частково одне із завдань лабораторної роботи;

0 балів - не виконане завдання.

Результат оцінювання

Учасники	17
Здано	15
Потрібно оцінити	0
Кінцевий термін здачі	п'ятниця 24 лютий 2017 12:00
Залишилося часу	Прийом робіт закінчено

Переглянути всі роботи **Оцінка**

Рис.2. Приклад структури лабораторної роботи

Для самоперевірки студентів заплановано блок завдання для самостійної роботи студентів, який передбачає індивідуалізовані завдання для кожного студента, методичні рекомендації до їх виконання, контрольні запитання.

На завершення вивчення кожного модуля студентам економічних та математичних спеціальностей пропонується модульна контрольна робота. Форма проведення модульних контрольних робіт до кожного змістового модуля відрізняється: комплексний тест, який передбачає відповіді на 40 запитань різного типу: багатоваріантні, альтернативні, з короткою відповіддю, числові, запитання на встановлення відповідності, або побудова та дослідження економіко-математичної моделі за індивідуальним набором вхідних даних.

На нашу думку, такий методичний підхід до подання навчального матеріалу із використанням ІКТ для побудови електронного освітнього середовища сприятиме розвитку мотивації студентів до вивчення дисципліни, впровадженню системного підходу до засвоєння навчального контенту та реалізації принципів особистісного-орієнтованого підходу. Тому за рахунок застосування даного ЕНК у освітньому процесі вивчення дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» викладач зможе організувати індивідуальну, групову та фронтальну форму роботи студентів.

Другим напрямком впровадження ІКТ у процес навчання економіко-математичному моделюванню студентів економічних та математичних спеціальностей є демонстрація ІКТ як інструментарію для побудови та дослідження економетричних моделей. Розглянемо більше детально на прикладі задачі залежності рівня зайнятості населення України від впливу наступних факторів:

- 1) частки штатних працівників з вищою освітою у % до облікової чисельності;
- 2) темпу зростання продуктивності праці;
- 3) темпу зростання середньої заробітної плати;
- 4) індексу капітальних інвестицій;
- 5) коефіцієнту покриття експортом імпорту.

Задачу розв'яжемо за допомогою прикладного програмного забезпечення загального призначення MS Excel.

Першим етапом для побудови та дослідження економетричної моделі є ідентифікація змінних. За результатами ідентифікації отримуємо:

Y	рівень зайнятості населення України
X_1	частка штатних працівників з вищою освітою в Україні
X_2	темпу зростання продуктивності праці в Україні
X_3	темпу зростання середньої заробітної плати в Україні
X_4	індекс капітальних інвестицій в Україні
X_5	коефіцієнт покриття експортом імпорту в Україні

Специфікація моделі є другим етапом побудови, вона передбачає вибір форми зв'язку f між факторними та результативною змінною. Будемо здійснювати побудову кореляційного поля залежності Рівня зайнятості населення України від кожного з факторів за допомогою точкової діаграми у MS Excel (Рис.3). Для визначення найкращого типу взаємозв'язку фактора з результатом будемо користуватися лінією тренду. За допомогою діалогового вікна формату лінії тренду виведемо на діаграму коефіцієнт детермінації та рівняння моделі (Рис.4). Порівнюючи коефіцієнти детермінації для кожного типу відповідних залежностей R^2 , можемо зробити висновок, що найбільш оптимальними виявилися залежності, для яких величина R^2 набуває максимального значення з можливих. Отже, на основі проведеного вище дослідження, було встановлено існування лінійного зв'язку між відповідними факторами економетричної моделі.

Звідси, теоретичне рівняння множинної регресії набуде вигляду

$$Y = a_0 + a_1X_1 + a_2X_2 + a_3X_3 + a_4X_4 + a_5X_5 + u, \quad (1)$$



Рис.3. Діаграма розсіювання

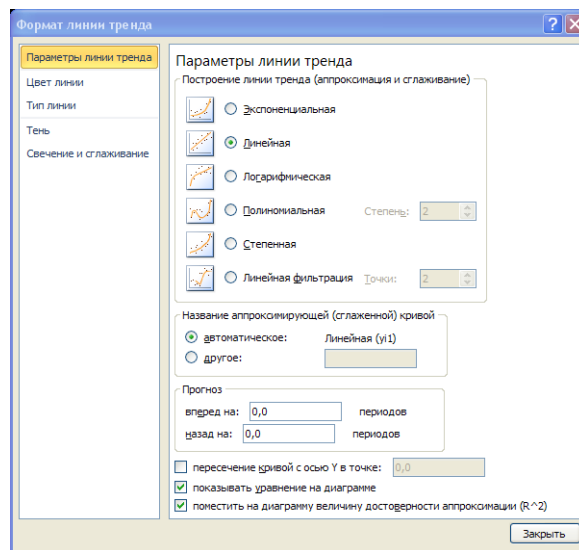


Рис. 4. Параметри налаштування лінії тренду

Наступним етапом побудови моделі – є етап параметризації: знаходження оцінок параметрів \hat{a}_i ($i = \overline{0, 5}$) та побудова відповідного регресійного рівняння. Даний етап можна реалізувати в MS Excel декількома способами. Перший спосіб, суто математичний, і полягає у визначенні оцінок параметрів за допомогою методу

найменших квадратів за допомогою чисельних розрахунків. Для цього запишемо вектор-стовпець спостережень залежної (результативної) змінної Y і матрицю спостережень незалежних (факторних) змінних X_i і застосуємо для обчислюємо оцінки регресійних коефіцієнтів за формулою

$$\hat{A} = (X^T X)^{-1} \cdot X^T Y, \quad (2)$$

де \hat{A} – вектор-стовпець оцінок коефіцієнтів рівняння, X^T – транспонована матриця до матриці X , $(X^T X)^{-1}$ – обернена матриця до добутку двох матриць $X^T X$. Для реалізації даного методу студенти повинні вміти множити матриці, шукати транспоновану та обернену матриці в MS Excel за допомогою математичних функцій МУМНОЖ (MMULT), ТРАНСП (TRANSPOSE), МОБР (MINVERSE).

Другий спосіб знаходження оцінок параметрів реалізується через надбудову «Пакет аналізу», інструмент «Регресія». Після введення діапазону, що містить набір статистичних даних залежної змінної (рівень зайнятості населення України) – Y та набір спостережень незалежних (факторних) змінних X_i MS Excel виводить на екран підсумки, в яких відображено оцінки коефіцієнтів (Рис.5).

1	Вывод итогов								
2									
3	Регрессионная статистика								
4	Множественный R	0,501728543							
5	R-квадрат	0,25173153							
6	Нормированный R-квадрат	-0,088390501							
7	Стандартная ошибка	1,517111003							
8	Наблюдения	17							
9									
10	Дисперсионный анализ								
11		df	SS	MS	F	Значимость F			
12	Регрессия	5	8,517410372	1,703482074	0,740121213	0,609206985			
13	Остаток	11	25,31788375	2,301625795					
14	Итого	16	33,83529412						
15									
16		Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
17	Y-пересечение	45,72338655	8,011134005	5,70747993	0,000136673	28,09099949	63,35577361	28,09099949	63,35577361
18	Переменная X 1	0,506111339	0,309699046	1,634203741	0,130483068	-0,175531665	1,187754343	-0,175531665	1,187754343
19	Переменная X 2	-0,00002252	0,00023614	-0,095374478	0,92573268	-0,000542263	0,000497219	-0,000542263	0,000497219
20	Переменная X 3	-0,001661698	0,002012612	-0,825642346	0,426551123	-0,006091427	0,002768032	-0,006091427	0,002768032
21	Переменная X 4	0,015661933	0,023063952	0,679065462	0,511131637	-0,035101482	0,066425348	-0,035101482	0,066425348
22	Переменная X 5	-0,886383793	1,067607512	-0,830252488	0,424049221	-3,236172083	1,463404498	-3,236172083	1,463404498
23									
24									

Рис.5 Знаходження оцінок параметрів за допомогою інструменту Регресія надбудови «Пакет аналізу»

Третій спосіб знаходження оцінок параметрів полягає у застосуванні статистичної функції ЛИНЕЙН (LINEST), яка після введення відомих значень Y , X_i , константи та статистики, виводить результат у вигляді таблиці розмірності 5 рядків та 6 стовпців за допомогою натискання комбінації кнопок Ctrl+Shift+Enter (табл.1).

Таблиця 1

Результат застосування статистичної функції ЛИНЕЙН (LINEST)

-0,8864	0,0157	-0,0017	0,00002	0,5061	45,7234
1,0676	0,0231	0,0020	0,0002	0,3097	8,0111
0,2517	1,5171	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
0,7401	11,0000	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д
8,5174	25,3179	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д	#Н/Д

У першому рядку таблиці представлено значення оцінок параметрів. Таким чином результуюче рівняння множинної регресії набуде вигляду:

$$\hat{Y} = 45,723 + 0,506X_1 - 0,00002X_2 - 0,002X_3 - 0,016X_4 + 0,886X_5. \quad (3)$$

Зауважимо, що два останні способи знаходження оцінок параметрів, на нашу думку, доцільно використовувати лише після ознайомлення студентів з першим способом, який демонструє покрокове застосування математичного апарату для знаходження оцінок параметрів.

Наступним етапом є дослідження моделі – перевірка на адекватність, яка передбачає знаходження середнього значення відносних похибок апроксимації A_i , які вимірюються у відсотках і визначаються за формулою:

$$A_i = \left| \frac{u_i}{y_i} \right| \cdot 100\%. \quad (4)$$

Звідси, $\bar{A} = \frac{1}{n} \cdot \sum A_i$. Ці розрахунки студентам пропонується здійснити у табл.2.

Таблиця 2

Таблиця для оформлення розрахунків

Y	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	\hat{Y}	u	u^2	$\frac{u_i}{y_i}$	Y^2
-----	-------	-------	-------	-------	-------	-----------	-----	-------	-------------------	-------

та знаходження коефіцієнта детермінації R^2 за формулою

$$R^2 = 1 - \frac{S_u^2}{S_y^2} = 1 - \frac{\overline{u^2} - \bar{u}^2}{\overline{y^2} - \bar{y}^2}. \quad (5)$$

Так, провівши розрахунки отримаємо $\bar{A} \approx 1,7\%$, $R^2 = 0,888207527 \approx 0,89$. Можемо стверджувати, що побудована модель є адекватною, оскільки середнє значення відносних похибок апроксимації знаходить в межах 8-10%. Коефіцієнт детермінації прямує до 1, а чим ближче R^2 до одиниці, тим суттєвішим є зв'язок між цими змінними, тобто зміна результативної змінної значною мірою пояснюється зміною факторної змінної і лише незначна частина змін – іншими факторами.

Останнім етапом дослідження моделі – перевірка на статистичну значущість. Для перевірки статистичної значущості отриманих результатів пропонуємо студентам два критерії: критерій Фішера (F -критерій) та критерій Стюдента (t -критерій).

Перевіряючи на статистичну значущість, висуваємо дві гіпотези нульову гіпотезу $H_0: R^2 = 0$ та альтернативну до неї $H_1: R^2 \neq 0$. Далі обчислюємо експериментальне значення за формулами кожного з критеріїв, знаходимо табличні значення кожного з критеріїв за визначеної кількості ступенів вільності та порівнюють експериментальними значеннями. Роблять відповідні висновки: якщо експериментальне значення перевищує табличне, то нульову гіпотезу відхиляють.

Студентам необхідно наголосити на тому, що табличні значення за критерієм Фішера (F -критерій) та критерієм Стюдента (t -критерій) необхідно знаходити за допомогою статистичних функцій Статистичні ФРАСПОБР (FINV) та СТЬЮДРАСПОБР (TINV).

За описаним розрахунками знаходимо $F_{\text{експ}} = 17,479$ та $F_{\text{табл}} = 3,204$. Оскільки $F_{\text{експ}} > F_{\text{табл}}$, то нульову гіпотезу відхиляємо, тому модель є статистично значущою.

Аналогічні результати отримуємо за критерієм Стюдента. Так, $t_{\text{експ}} = 9,349$ та $t_{\text{табл}} = 2,593$. Оскільки $|t_{\text{експ}}| > t_{\text{табл}}$, то нульову гіпотезу відхиляємо, тому модель є статистично значущою.

Висновки.

1. Визначено, що математичне моделювання при максимальному використанні його потенціалу дає можливість виявити та вирішити професійні проблеми різного характеру: чітко визначати мету дослідження, швидко знаходити можливі варіанти її досягнення, розробляти відповідні моделі економічних об'єктів чи явищ і на основі даних моделей створювати ефективні алгоритми і програми оптимальних шляхів розв'язання актуальних задач.

2. Зазначено, що для реалізації задачі отримання якісної підготовки студентів із вивчення побудови та дослідження економіко-математичному моделювання в межах дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» необхідно впроваджувати ІКТ у двох напрямках: для організації освітнього простору та у процесі розв'язування прикладних задач, які знаходяться на стику галузей економіки та математики.

Установлено, що для організації освітнього простору доцільно використовувати електронні навчальні курси дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання», які є комплексом навчально-методичних матеріалів, створених для організації індивідуального та групового навчання з використанням інформаційно-комунікаційних технологій, що спрямовані на навчання економіко-математичному моделюванню студентів економічних та математичних спеціальностей. Спираючись на окреслені можливості застосування електронного навчального курсу, а також його дидактичні функції, розроблено та описано структуру електронного навчального курсу навчальних дисциплін «Економетрика», «Економіко-математичне моделювання» на базі платформи Moodle.

3. Розглянуто особливості застосування MS Excel на прикладі задачі залежності рівня зайнятості населення України від впливу обраних факторів. Охарактеризовано різні етапи побудови та дослідження економетричної моделі: ідентифікації змінних,

специфікації моделі, параметризації та перевірки на статистичну значущість отриманих результатів.

Перспективою подальших досліджень вважаємо доведення ефективності використання ІКТ задля поліпшення додаткових фахових компетентностей майбутніх студентів економічних та математичних спеціальностей.

Література

- Іващук О. Т.. *Економіко-математичне моделювання*. Тернопіль: ТНЕУ «Економічна думка», 2008.
- Наконечний С. І., Терещенко Т. О. та Романюк Т. П. . *Економетрія*. Київ: КНЕУ, 2000.
- Ільїч Л.М. , «Структурні зрушення транзитивного ринку праці: теорія і методологія регулювання», автореф. дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.07; НАН України, Ін-т демографії та соц. дослідж. ім. М. В. Птухи НАН України. Київ, 2018.
- Hilaly H., El-Shishiny H., Recent Advances in Econometric Modeling and Forecasting Techniques for Tourism Demand Prediction [Online]. Available at: https://www.researchgate.net/publication/265483757_Recent_Advances_in_Econometric_Modeling_and_Forecasting_Techniques_for_Tourism_Demand_Prediction Last accessed: 08.02.2019.
- Andrei T., Stancu S., Nedelcu M., Matei A., Econometric models used for the corruption analysis [Online]. Available at: https://mpa.ub.unimuenchen.de/19623/1/Econometric_Models_used_for_the_Corruption_Analysis.pdf. Last accessed: 08.02.2019.
- Лисак О. Б., «Формування компетентностей майбутнього фахівця-економіста». [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://intkonf.org/lisak-ob-formuvannya-kompetentnostey-maybutnogo-fahivtsya-ekonomista/>. Дата звернення: 08.02.2019.
- Биков В. Ю., Спірін О.М. та Пінчук О.П., «Проблеми та завдання сучасного етапу інформатизації освіти». *Наукове забезпечення розвитку освіти в Україні: актуальні проблеми теорії і практики (до 25-річчя НАПН України)*, С. 191- 198, 2007
- Литвинова С. Г., «Поняття та основні характеристики хмаро орієнтованого навчального середовища середньої школи». *Інформаційні технології і засоби навчання*, №2 (40), 2014. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2014_40_2_5. Дата звернення: 08.02.2019.
- Мерзликін О. В., «Хмаро орієнтовані електронні освітні ресурси підтримки навчальних фізичних досліджень». *Інформаційні технології і засоби навчання*, №5(49), с. 106-120, 2015. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2015_49_5_11. Дата звернення: 08.02.2019.
- Морзе Н.та Співак С., «Формування сучасного хмароорієнтованого персоналізованого освітнього середовища враховуючи ікт-компетентність учасників навчального процесу». *Збірник наукових праць “Відкрите освітнє Е-середовище сучасного університету”*, №3, С. 274-282, 2017.

- Freeman S., Eddy S. L., McDonough M., Smith M. K., Okoroafor N., Jordt H., Pat M. Wenderotha «Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics». *PNAS* vol. 111(23), pp.8410–8415, 2014. [Online] Available at: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1319030111. Last accessed: 08.02.2019.
- Brooke C., McKinney P. and Donoghue A. «Provision of distance learner support services at u.K. Universities: Identification of best practice and institutional casestudy». *Library Trends*, 61(3), 23, 2013.
- Сисоєва С. О. та Батечко Н. Г. *Вища освіта України реалії сучасного розвитку*. К. : ВД ЕКМО, 2011.
- Професійна освіта*: Словник / уклад. С. У. Гончаренко та ін.; за ред. Н. Г. Ничкало. К. : Вища шк., 2000.
- Бодненко Д. М., Глушак О. М. та Семеняка С. О., «Формування інформатичної компетентності майбутніх фінансистів під час вивчення дисципліни «Економетрика», *Освітнологічний дискурс*, № 1-2 (20-21), С. 325-340, 2018.

References

- Ivashchuk, O. T. (2008), *Economic-mathematical modeling*. Ternopil: TNEU "Economic Thought". (ukr)
- Nakonechnyy S. I., Tereshchenko T. O., Romanyuk T. P. (2000), *Econometrics*. K.: KNEU. (ukr)
- Ilich, L. M. (2008), «Structural changes in the transitive labor market: the theory and methodology of regulation», *avtoref. dys. ... d-ra ekon. nauk* : 08.00.07; NAN Ukrainy, In-t demohrafiy ta sots. doslidzh. im. M.V. Ptukhy NAN Ukrainy. Kyiv (ukr)
- Hilaly, H., El-Shishiny H., Recent Advances in Econometric Modeling and Forecasting Techniques for Tourism Demand Prediction [Online]. Available at: https://www.researchgate.net/publication/265483757_Recent_Advances_in_Econometric_Modeling_and_Forecasting_Techniques_for_Tourism_Demand_Prediction Last accessed: 08.02.2019. (in English)
- Andrei, T., Stancu S., Nedelcu M., Matei A., Econometric models used for the corruption analysis [Online]. Available at: https://mpra.ub.uni-muenchen.de/19623/1/Econometric_Models_used_for_the_Corruption_Analysis.pdf. Last accessed: 08.02.2019. (in English)
- Lysak, O. B., «Formuvannja kompetentnostej majbutnjogho fakhivcja-ekonomista». Available at: [http://intkonf.org/lisak-ob-formuvannya-kompetentnostey-maybutnogo-fahivtsya-ekonomista/\(ukr\)](http://intkonf.org/lisak-ob-formuvannya-kompetentnostey-maybutnogo-fahivtsya-ekonomista/(ukr)). Last accessed: 08.02.2019. (in Ukrainian)
- Bykov, V. Yu., Spirin O. M. and Pinchuk O. P., (2007), «Problems and tasks of the modern stage of education informatization». *Naukove zabezpechennia rozvytku osvity v Ukraini: aktualni problemy teorii i praktyky (do 25-richchia NAPN Ukrainy)*, S. 191- 198. (ukr)
- Lytvynova, S. H., (2014), «The concept and basic characteristics of the cloud-based secondary school environment». *Information technology and learning tools*, №2

- (40). [Online] Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2014_40_2_5. Last accessed: 08.02.2019. (ukr)
- Merzlykin, O. V., (2015.), «The cloud-oriented electronic educational resources supporting physical education research». *Information technology and learning tools*, №5 (49), pp. 106-120. [Online] Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ITZN_2015_49_5_11. Last accessed: 08.02.2019. (ukr)
- Morze, N. and Spivak S. (2017), «Formation of a modern cloud-oriented personalized educational environment taking into account the intellectual competence of participants in the educational process». *Zbirnyk naukovykh prats "Vidkryte osvritnie E-seredovyshe suchasnoho universytetu" #3*, S. 274-282. (ukr)
- Freeman, S., Eddy S. L., McDonough M., Smith M. K., Okoroafor N., Jordt H., Pat M. Wenderotha (2014), «Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics». *PNAS* vol. 111(23), pp.8410–8415. [Online] Available at: www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1319030111. Last accessed: 08.02.2019. (in English)
- Brooke, C., McKinney P. and Donoghue A. (2013), «Provision of distance learner support services at u.K. Universities: Identification of best practice and institutional casestudy». *Library Trends*, 61(3), 23. (in English)
- Sysoieva, S. O. and Batechko N. H. (2011), *Higher education in Ukraine is a reality of modern development*. K. : VD EKMO. (in Ukrainian)
- Professional education: Dictionary* (2000), / uklad. Honcharenko S. U.ta in.; za red. Nychkalo N. H. K. : Vyshcha shk. (ukr)
- Bodnenko, D. M., Hlushak O. M. and Semeniaka S. O., (2018), Formation of informative competence of future financiers during the study of the discipline "Econometrics"», *Osvitlohichnyi dyskurs*, № 1-2 (20-21), С. 325-340. (ukr)

ЕКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ: СИНТЕЗ ИКТ И МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Оксана Глушак, кандидат педагогических наук,
доцент кафедры компьютерных наук и математики,
Киевский университет имени Бориса Гринченко,
ул. Тимошенко, 13-Б, 4212, г. Киев, Украина, o.hlushak@kubg.edu.ua

Светлана Семеняка, кандидат физико-математических наук,
доцент кафедры компьютерных наук и математики,
Киевский университет имени Бориса Гринченко,
ул. Тимошенко, 13-Б, 4212, г. Киев, Украина, s.semeniaka@kubg.edu.ua

В статье представлено теоретическое и практическое решение проблемы особенностей внедрения информационно-коммуникационных технологий в образовательный процесс обучения экономико-математическому моделированию студентов экономических и математических специальностей. Определено, что

математическое моделирование при максимальном использовании его потенциала дает возможность выявить и решить профессиональные проблемы различного характера: четко определять цель исследования, быстро находить возможные варианты ее достижения, разрабатывать соответствующие модели экономических объектов или явлений и на основе данных моделей создавать эффективные алгоритмы и программы оптимальных путей решения актуальных задач. Установлено, что электронные учебные курсы дисциплин «Эконометрика», «Экономико-математическое моделирование» представляют собой комплекс учебно-методических материалов, предназначенных для организации индивидуального и группового обучения с использованием информационно-коммуникационных технологий, направленных на обучение экономико-математическому моделированию студентов экономических и математических специальностей. Опираясь на указанные возможности применения электронного учебного курса, а также его дидактические функции, разработана и описана структура электронных учебных курсов учебных дисциплин «Эконометрика», «Экономико-математическое моделирование» на базе платформы Moodle. Рассмотрены особенности применения MS Excel на примере задачи исследования зависимости уровня занятости населения Украины от влияния избранных факторов. Охарактеризованы различные этапы построения и исследования эконометрической модели: идентификации переменных, спецификации модели, параметризации и проверки на статистическую значимость полученных результатов. Определены перспективы дальнейших научных исследований через доказательства эффективности использования электронных учебных курсов для улучшения дополнительных профессиональных компетенций будущих специалистов экономических и математических специальностей.

Ключевые слова: информатизация; информационно-коммуникационные технологии; экономико-математическое моделирование; электронный учебный курс; студенты экономических и математических специальностей

ECONOMETRIC MODELING: SYNTHESIS OF ICT AND MATHEMATICAL MODELING METHODS

Oksana Hlushak, Ph.D. in Pedagogical Sciences,
Associate Professor of the Department of Computer Technology and Mathematics,
Borys Grinchenko Kyiv University,
13-B, Marshala Tymoshenka St., Kyiv, Ukraine 4212,

Svetlana Semenyaka, Ph.D. in Physics and Mathematics,
Associate Professor of the Department of Computer Technology and Mathematics,
Borys Grinchenko Kyiv University,
13-B, Marshala Tymoshenka St., Kyiv, Ukraine 4212, s.semeniaka@kubg.edu.ua

The article presents the theoretical and practical solutions to the problem of the introduction of information and communication technologies in the educational process of

teaching economics and mathematical modeling of students of economic and mathematical specialties. It is determined that mathematical modeling with maximum use of its potential enables to identify and solve professional problems of different nature: clearly define the purpose of the research, quickly find possible variants of its achievement, develop appropriate models of economic objects or phenomena and, based on these models, create effective algorithms and programs of optimal ways to solve actual problems. It was established that the electronic study courses of disciplines "Econometrics", "Economic and mathematical modeling" are a complex of educational and methodological materials created for the organization of individual and group training using information and communication technologies, which are aimed at teaching economic and mathematical modeling of students of economic and mathematical specialties. Based on the outlined possibilities of using the e-learning course, as well as its didactic functions, the structure of the electronic training course for the academic disciplines "Econometrics", "Economic-mathematical modeling" on the basis of the Moodle platform was developed and described. The peculiarities of using MS Excel are considered in the example of the task of studying the dependence of the employment rate of the population of Ukraine on the influence of the selected factors. Different stages of construction and research of the econometric model are described: identification of variables, model specification, parametrization and verification on the statistical significance of the obtained results. The prospect of further scientific research is outlined through the effectiveness of the use e-learning courses in order to improve the additional professional competences of future specialists in economic and mathematical specialties.

Key words: *informatization; information and communication technologies; economic and mathematical modeling; e-learning course; students of economic and mathematical specialties.*